ДЕФЕКТОСКОПИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХМИНИАТЮРНЫХ ВИХРЕТОКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Сергей Федорович Дмитриев, Александр Олегович Катасонов, Владимир Николаевич Маликов, Анатолий Михайлович Сагалаков, Анастасия Юрьевна Филимонова
Алтайский государственный университет
г. Барнаул

Вопросы дефектоскопии занимают важное место в современной прикладной физике и индустрии. Сплавы Al-Mg применяются в качестве конструкционных материалов в авиации и космонавтике благодаря удачному сочетанию прочности и легкости. Данные сплавы применяются при производстве скоростных поездов (например, поездов Синкансэн(Япония)) и во многих других отраслях машиностроения. Сплавы Al-Mg применяют в электротехнической, в химической и пищевой промышленности.

В традиционных отраслях промышленности США, например, затраты на контроль качества составляют в среднем 1 – 3% стоимости выпускаемой продукции, а в таких отраслях промышленности, как оборонная, атомная, аэрокосмическая, затраты на контроль качества возрастают до 12 – 20% [1]. В этой связи актуальной задачей представляется разработка вихретоковых измерительных систем, предназначенных для локальных измерений электропроводности в неоднородных материалах, поиска дефектов в сплавах.

Исследования в указанном направлении продолжают развиваться [2-7]. Например, в недавно опубликованной работе [2] авторы проводят сканирование двух алюминиевых пластин с модельным дефектом в центре, а также осуществляют дефектоскопию трещин между пластинами. Диаметр измерительной обмотки в работе составлял 7 мм. Сканирование производилось при частотах в 1 и 5 кГц, глубина проникновения вихревых токов на указанных частотах в исследуемые пластины при этом составляла 3.82 мм и 1.71 мм [2].

В настоящее время развиваются экспериментальные методы с использованием двух вихретоковых преобразователей, работающих в дифференциальном режиме [3]. Подобные схемы включения позволяют значительно уменьшить уровень паразитных шумов, возникающих при скоростном сканировании в реальном времени. Вихретоковый метод контроля в настоящее время активно используется и в медицинской физике [4].

Анализ исследований, проведенных в последнее время, свидетельствует о стремлении к миниатюризации вихретоковых преобразователей. В последнее время разработаны датчики, имеющие размеры 5 мм ×5 мм с диаметром используемой проволоки в 0.15 мм[5]. Однако разработанные датчики не обеспечивают требуемой глубины проникновения и локализации магнитного

поля, которые необходимы для локальных измерений в различных неоднородных средах. Для повышения локализации магнитного поля часто применяются концентраторы магнитного поля, изготавливаемые из феррита. Использование подобной конструкции позволяет получить преимущество, связанное с отсутствием рассеивания вихревых токов [6]. При этом удается достичь глубины проникновения в 2.5 мм.

В этой связи возникает задача разработки сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей, обеспечивающих глубину проникновения до 5 мм и локализация в 2500 мкм^2. Так как вихретоковый метод контроля нечувствителен к непроводящим слоям краски, то его можно использовать и для диагностики деталей с лакокрасочными покрытиями [7].

Разработанный метод измерений позволяет, с помощью виртуализированного вихретокового измерителя электропроводности исследовать дефекты и неоднородности алюминиевых сплавов.

Конструкция измерительной системы включает в себя два дифференциально включенных сверхминиатюрных преобразователя, обеспечивающих высокую локализацию магнитного поля.

Контролируемым параметром является величина электропроводности материала и ее распределение по исследуемому объекту. В.т.п. подключен к серии разработанных усилителей и полосовых фильтров, управляемых с помощью звуковой карты персонального компьютера со специальным программным обеспечением, которое осуществляет подачу напряжения на генераторную обмотку преобразователя, а также позволяет считывать значения напряжения с измерительной обмотки первоначально в некоторых условных единицах, которые далее, с учетом предварительной калибровки, переводятся в значения электропроводности.

Возбуждающая обмотка преобразователя состоит из 10 витков, а ее диаметр составляет 0,12–0,13 мм. Измерительная обмотка состоит из 130 витков и имеет диаметр 0,05–0,08 мм. С целью минимизации влияния возбуждающей обмотки на регистрируемый сигнал в схему включена компенсационная обмотка, подключенная к измерительной обмотке по известной дифференциальной схеме. Она состоит из 20 витков. Для намотки витков используется медная проволока толщиной 5 мкм. Обмотки наматываются на сердечник пирамидальной формы. Предлагаемая форма сердечника благоприятствует локализации магнитного поля [4-7]. Сердечник изготовлен из феррита со значением начальной магнитной проницаемости 500.

В.т.п. подключен к серии усилителей и полосовых фильтров, управляемых с помощью звуковой карты персонального компьютера, работающего под управлением специального программного обеспечения. В качестве фильтра использовался двухкаскадный модифицированный фильтр Дельянна с многопетлевой обратной связью, который отличается высокой стабильностью и низкой чувствительностью к небольшому разбросу параметров элементов

схемы. Элементы фильтра рассчитывались на частоту работы, равную 500 Гц. Запас по коэффициенту усиления составлял 40 дБ.

Для демонстрации работоспособности предлагаемого метода использовалась структура, представляющая собой пластину из сплава алюминий-магний. Толщина пластины составляла 5.5 мм. В пластине содержалось 3 дефекта в виде прорези толщиной в 1 мм, залегающих на глубине 1, 3 и 4 мм.

С целью определения чувствительности датчика к дефектам, залегающим в глубине металла, осуществлялось сканирование с бездефектной стороны образца.

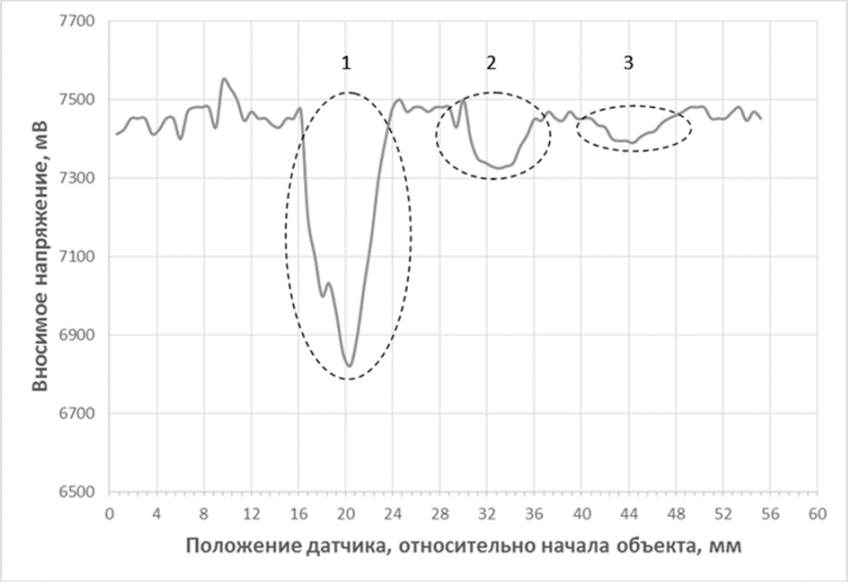

Рис. 1. Результаты дефектоскопии пластины с дефектами в 1 мм толщиной с помощью разработанной измерительной системы.

Результаты дефектоскопии пластины с дефектами, имеющими толщину 1 мм при частоте 500 Гц позволили явно обнаружить все 3 прорези по падению амплитуды сигнала(рис.1). Падение амплитуды сигнала на первом дефекте составила 0.75 В, на втором – 0.2 В, на третьем – 0.1 В.

Результаты эксперимента показывают эффективность разработанной измерительной системы для поиска дефектов толщиной от 1 мм, залегающих на глубине до 4 мм.

Список литературы

1. Ямалиев В.У. Ишемгужин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. – 83 С.
2. Шкатов П.Н., Куликов С.С. Дефектоскопия бурильного инструмента ультразвуковым и вихретоковым методом // Конференция по неразрушающему контролю. Нижний Новгород, 2007, с. 47-48
3. Шкатов П.Н., Куликов С.С.. Комплексная дефектоскопия бурильного инструмента ультразвуковым и вихретоковым методами // Неразрушающий

контроль и техническая диагностика в промышленности: тезисы докладов. 7-я международная выставка и конференция. – Москва, 2010. – С. 188-189.

4. Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Руденский Г.Е., Колубаев Е.А., Маликов В.Н. О дефектоскопии многослойных металлополимерных слоистых композитов системы Al-ПЭНД-Al методом вихревых токов // Ползуновский вестник. – 2013. – № 2.

5. Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Malikov V.N.,Sagalakov A.M.Subminiature Eddy Current Transducers for Studying Metal-Dielectric Junctions // Instruments and experimental techniques. – 2014. – Vol. 57. No.6. – Pp.751-754.

6. Polyakov V.V., Dmitriev S.F., Ishkov A.V., Kolubaev E.A., Malikov V.N. Non-desructive testing of aluminium alloys by using miniature eddy-current flaw transducers // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 880. – Pp.105-108.